

高中物理

下 册

上海科学技术出版社

职工工业余文化学习辅导用书

高中物理

下册

李世珊 张甫楠 王振文

上海科学技术出版社

职工工业余文化学习辅导用书

高中物理

(下册)

李世珊 张甫楠 王振文

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 江苏漂水印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10.5 字数 232,000

1986年7月第1版 1986年7月第1次印刷

印数: 1—10,600

统一书号: 13119·1338 定价: 1.40元

目 录

第九章 电 场

9-1 库仑定律	1
9-2 电场 电场强度	5
9-3 电势 电势能	14
9-4 电场中的导体和绝缘体	26
9-5 电容器	28
9-6 例题分析	33
9-7 习题	37
9-8 自我检查题	39

第十章 直 流 电 路

10-1 部分电路欧姆定律	49
10-2 导体的串联和并联	52
10-3 电流的功和功率	58
10-4 焦耳定律	60
10-5 全电路欧姆定律	62
10-6 电阻的测定	77
10-7 例题分析	83
10-8 习题	93
10-9 自我检查题	96

第十一章 磁场 电磁感应

11-1 磁场对电流的作用	104
---------------------	-----

11-2	磁场对通电线圈的作用力矩	115
11-3	磁场对运动电荷的作用力——洛仑兹力	120
11-4	电磁感应现象	129
11-5	楞次定律	133
11-6	法拉第电磁感应定律	136
11-7	自感现象	138
11-8	例题分析	140
11-9	习题	152
11-10	自我检查题	157

第十二章 交流电 交流电路

12-1	交流电的产生	165
12-2	交流电的特性参量	169
12-3	纯电阻 纯电感 纯电容电路	176
12-4	变压器原理	182
12-5	例题分析	184
12-6	习题	188
12-7	自我检查题	190

第十三章 电磁振荡和电磁波

13-1	电磁振荡	194
13-2	电磁波	198
13-3	电磁波的发射和接收	200
13-4	例题分析	201

第十四章 光的传播

14-1	光的反射	203
14-2	光的折射	210
14-3	棱镜	219

14-4	透镜	224
14-5	习题	235
14-6	自我检查题	238

第十五章 光的本性

15-1	光的微粒说和波动说	241
15-2	光的干涉	244
15-3	光的衍射	247
15-4	光的电磁本性	248
15-5	光电效应	252
15-6	习题	259
15-7	自我检查题	260

第十六章 原子物理学初步

16-1	原子的核式结构	263
16-2	氢原子的理论	265
16-3	天然放射现象	267
16-4	原子核的人工转变	271
16-5	重核的裂变	276
16-6	轻核的聚变	278
16-7	习题	279
16-8	自我检查题	280

〔附录一〕

职工业余中等学校高中物理课本下册习题参考答案	283
------------------------------	-----

〔附录二〕

本书第九章至第十六章习题及自我检查题参考答案	295
------------------------------	-----

〔附录三〕

上海市职工业余中学 1982~1983 (秋) 毕业考试高中物理 试题	307
--	-----

上海市职工业余中学 1984 年(春)毕业考试高中物理试题.....	311
上海市 1982 年职工大学招生文化考试物理试题.....	315
上海市 1983 年职工大学招生考试物理试题.....	319
1984 年全国广播电大理工科招生物理试题	325
参考答案	326

第九章 电 场

从下册开始,我们要学习电磁学、光学和原子结构等有关近代物理的一些基本知识。“电场”这一章是研究电磁学的开始,内容包括:(1)库仑定律、(2)电场强度、(3)电势、电势差、(4)电场中的导体和绝缘体、(5)电容器等部分组成的。

9-1 库 仑 定 律

我们知道,电荷有正、负两种,电荷之间的相互作用总是同种电荷互相排斥、异种电荷互相吸引。电荷之间的斥力或引力强弱变化的规律是由法国科学家库仑从实验中发现的,此规律就叫做库仑定律。

库仑定律内容:两个点电荷 q_1 和 q_2 相互作用力 F 的大小和它们的电量 q_1 及 q_2 的乘积成正比,和它们之间的距离 r 的平方成反比,作用力的方向沿着它们的连线。

掌握库仑定律必须注意以下几点:

(1) 牢记它的适用范围:库仑定律只适用于求两个点电荷间的作用力。但实际遇到的一般都是带电体,而不是点电荷,这时,如果带电体的大小远小于它们之间的距离,那么也能应用库仑定律。例如有两个带电球体,它们的半径远小于两球之间的距离,这时,两带电小球可看成点电荷,两球心之间距离可看成是两电荷间的距离,两球之间的相互作用力就可

用库仑定律计算。

(2) 掌握库仑定律的数学表达式

在真空中
$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2},$$

在电介质中
$$F = \frac{kq_1q_2}{\epsilon_r r^2}.$$

1. 由于 $\epsilon_r > 1$, 从上述两式可知, 两电荷在电介质中的相互作用力总是小于它们在真空中的相互作用力。

2. 如果把带正电的电荷写成 $+q$, 带负电的电荷写成 $-q$ 而代入上式, 那么 F 也有正、负之分。其中 $+F$ 表示斥力, $-F$ 表示引力。不能认为 $+F$ 一定大于 $-F$ 。

3. 公式中 k 的数值表示两个单位电量的点电荷在真空中相距单位距离时的作用力的大小, 具体的数值要由所选用的电量和距离的单位共同确定。我们在计算过程中, 采用了国际单位制(SI), 即 q_1, q_2 的单位是库仑, r 的单位为米, F 的单位为牛顿, 这时

$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{牛顿} \cdot \text{米}^2}{\text{库仑}^2},$$

它表示两个各带 1 库仑电量的点电荷在真空中相距 1 米时, 相互作用的力是 9×10^9 牛顿。(这是一个非常巨大的力。若近似地取 1 千克力 = 10 牛顿, 这个力竟是 9 亿千克力或 90 万吨力, 可以拉断截面积是 9.5 米² 粗的钢柱!)

4. 电荷之间的作用力——有时称它为静电力或库仑力, 也服从力的独立作用原理。如果有两个以上的点电荷相互作用时, 任何两个电荷间的相互作用都服从库仑定律(当研究某两个电荷间相互作用时, 好象其它电荷并不存在), 而每一个电荷受到的总库仑力就是它与所有别的电荷间的库仑力的合力。不仅如此, 一个带电体所受到的库仑力也可以和它所受

的重力、弹力、摩擦力等其它性质的力进行合成。

下面的例子将帮助我们加深对库仑定律的理解：

【例题 1】 空气中放着 A、B、C 三个带电小球，它们所带电量分别为 1.6×10^{-7} 库仑， 1.0×10^{-8} 库仑 和 -5×10^{-7} 库仑，已知 A、B、C 三球在同一直线上且 $AB = 6$ 厘米、 $AC = 5$ 厘米， $BC = 1$ 厘米，求(1)小球 C 所受的库仑力；(2)小球 C 放在什么位置上时所受的库仑力为零？



图 9-1

解：(1) 小球 C 同时受到 A 球和 B 球对它的静电力 F_{AC} 和 F_{BC} ， F_{AC} 和 F_{BC} 都是引力，它们的大小分别是

$$F_{AC} = \frac{kq_A \cdot q_C}{r_{AC}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-7} \times 5 \times 10^{-7}}{0.05^2}$$

$$= 0.288 \text{ (牛顿)},$$

$$F_{BC} = \frac{kq_B q_C}{r_{BC}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-8} \times 5 \times 10^{-7}}{0.01^2}$$

$$= 0.45 \text{ (牛顿)}。$$

(此处 q_C 也可以 -5×10^{-7} 库仑代入上式，得到 F_{AC} 和 F_{BC} 都是负值，负值只说明静电力是引力，所以，常以绝对值代入以求得作用力的大小，力的方向单独地考虑，或作图说明，如图 9-1 所示)。

$\therefore F_C = F_{BC} - F_{AC} = 0.45 - 0.288 = 0.162 \text{ (牛顿)},$
方向指向 CB。

(2) 设小球 C 放在 A、B 之间且距 A 为 x 厘米处，则 AC、BC 间静电力 $F'_{AC} = F'_{BC}$ 时 $F'_C = 0$ ，即

$$\frac{kq_A \cdot q_C}{(x \cdot 10^{-2})^2} = \frac{kq_B \cdot q_C}{[(6-x) \cdot 10^{-2}]^2},$$

$$\frac{1.6 \times 10^{-7}}{x^2} = \frac{1.0 \times 10^{-8}}{(6-x)^2},$$

解方程，得 $x_1 = 4.8$ 厘米和 $x_2 = 8$ 厘米。 x_2 的意义是把 C 球放在 AB 延长线上距 B 2 厘米处，在这点上 $F'_{AO} = F'_{BC}$ ，但方向都指向 B ， $F'_O \neq 0$ ，不合要求，所以只能把 C 球放在 AB 连线之间距 A 是 4.8 厘米的地方才能使 $F'_O = 0$ 。

【例题 2】 在厘米·克·秒单位制中，电量的单位叫做 1 静电系单位电量，它和国际单位制电量单位 1 库仑之间关系：

$$1 \text{ 库仑} = 3 \times 10^9 \text{ 静电系单位电量。}$$

试求在厘米·克·秒单位制中静电力恒量 k 的值。

解：厘米·克·秒单位制中力的单位是达因，1 牛顿 = 10^5 达因，距离单位是厘米。

$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{牛顿} \cdot \text{米}^2}{(\text{库仑})^2} = 9 \times 10^9 \frac{10^5 \text{ 达因} \times (100 \text{ 厘米})^2}{(3 \times 10^9 \text{ 静电系单位})^2}$$

$$= 1 \frac{(\text{达因}) \cdot (\text{厘米})^2}{(\text{静电系单位})^2}.$$

可见，各物理量采用不同的单位时， k 的值不同。

由于规定两个带相等电量、在真空中相距 1 厘米时作用力为 1 达因的点电荷所带的电量叫做 1 静电系单位电量，所以式中 k 就成为没有单位的常数 1。因此，在厘米·克·秒单位制中的库仑定律的公式就可写成

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \text{或} \quad F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon_r r^2} \quad (\text{电介质中}).$$

【例题 3】 在长各为 1 米的细线下，各挂一个质量都是 10 克的带等量电荷的金属小球，由于库仑力，平衡时，两细线张直并互相垂直，求每个小球所带电量。

解：隔离小球(例如A球)分析它的受力情况。A球受重力 mg 、绳子拉力 T 和库仑力 F 的作用，B球的受力情况与A球完全相同，它们的受力分析图如图9-2所示。 $OA=OB=1$ 米， $\angle AOB=90^\circ$ ，所以两球相距 $r=\sqrt{2}$

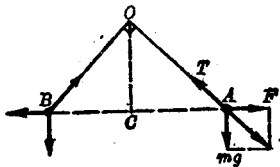


图 9-2

米，从 $\triangle AOB$ ， $\triangle ACO$ 和 mg 、 F 组成的矢量三角形都是直角等腰三角形，可得

$$mg = F = \frac{kq^2}{r^2}$$

$$\therefore q = \sqrt{\frac{mgr^2}{k}} = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-3} \times 9.8 \times 2}{9 \times 10^9}} = 4.67 \times 10^{-6} \text{ (库仑)}.$$

本题是库仑力和重力、弹力处于平衡状态的典型例题，这类问题的分析方法是和力学中分析共点力平衡时的思路完全相同的。

9-2 电场 电场强度

一、电场

从库仑定律的学习中可以知道，电荷之间的相互作用即使在真空中相隔一定距离时仍然存在。那么是什么物质来传递电荷间的作用力呢？电荷间的作用力是通过电场发生或传递的。

1. 一个带电体的周围存在着电场。如果在这电场中存在另外电荷，电场就会给电荷以力的作用。正如力学中，一个物体必须依靠某种物体或物质的传递才能对另一物体发生力

的作用一样,电荷是通过电场对另一个电荷发生作用的。

2. 电场是一种特殊的物质,这是被近代物理所证实了的,它和我们理解的实体物质有很大的区别。例如实物有一定体积,必然占据一定的空间。如果某处放一个实物时,该处就不能再放另一实物了,但在空间某处却可以同时存在几个电场,甚至还可存在其它的场,例如磁场。

3. 电场对带电体有力的作用,所以在电场中移动电荷时,电场力将对它做功。我们研究电场的性质时,常从分析电荷在电场中受力情况或在移动电荷过程中电场力做功情况着手。从前者出发,我们建立了电场强度的概念;后者使我们建立了电势的概念。

二、电场强度

1. 电场对电荷有力的作用。当把带不同电量的电荷 q' 、 q'' 依次放在电场的同一点上,发现 q' 、 q'' 所受的力 F' 、 F'' 大小不等,但

$$\frac{F'}{q'} = \frac{F''}{q''}.$$

可见,电场中的某一点对单位电量的作用力是一个定值。

如果把一个点电荷 q 依次放在电场中不同的位置 A 点、 B 点上,发现 q 所受的电场力 F_A 、 F_B 大小一般不等,即

$$\frac{F_A}{q} \neq \frac{F_B}{q}.$$

以上事实表明,电场力跟电量的比值只与电场的位置有关,而与放入电场内的电荷所带电量无关。因此,这种比值可以用来量度电场对电荷的作用力,这个物理量叫做**电场强度**,简称**场强**。电场强度是电场的一种重要属性。

2. 电场强度的定义式为

$$E = \frac{F}{q}.$$

在国际单位制中, F 的单位为牛顿, q 的单位为库仑, 场强 E 的单位是牛顿/库仑。

3. 电场强度是矢量, 它的方向规定为在该电场中正电荷所受电场力的方向, 而与负电荷所受电场力的方向相反。用来检验电场强度的大小和方向的带正电的点电荷, 常称为检验电荷。

4. 要注意 $E = \frac{F}{q}$ 和 $E = \frac{kQ}{\epsilon_r r^2}$ 两式的区别。 $E = \frac{F}{q}$ 是电

场强度的定义式, 适用于任何电场。但在理解该式时不能认为 E 跟 F 成正比或 E 跟 q 成反比, 因为某电场的一点只有一个电场强度, 如果这点上的电荷 q 大了, 则 F 也必相应增大, 使 F/q 保持不变。

$E = \frac{kQ}{\epsilon_r r^2}$ 常叫做一个点电荷 Q 四周各点电场强度的计算式或决定式, 它是 $E = \frac{F}{q}$ 的一个特例。由该式可知, 一个点电荷 Q 四周各点电场强度跟 Q 成正比, 跟 r^2 成反比, 还跟电介质有关, 即 Q 、 r 、 ϵ_r 等因素决定该点电场强度的大小。

【例题 1】 在真空中有一个 $Q = 2 \times 10^{-6}$ 库仑的点电荷, 求距它 $r = 0.1$ 米处的 A 点的电场强度的大小。如果在 A 点处第一次用 $q_1 = 1.0 \times 10^{-8}$ 库仑的检验电荷去量度时, 电场力应是多大? 如第二次用 $q_2 = 2.0 \times 10^{-8}$ 库仑的检验电荷去量度时, 电场力又是多大? 两次量度的结果, A 点的电场强度是多大? 如果以 $Q' = 4 \times 10^{-6}$ 库仑的点电荷代替原来的 Q , 则 A 点的电场强度将是多大?

解: A 点的电场强度 E

$$E = \frac{kQ}{\epsilon_r r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{1 \times 0.1^2} = 1.8 \times 10^6 (\text{牛顿/库仑}).$$

根据库仑定律,在A点放置 q_1 和 q_2 时,它受到的库仑力

$$F_1 = \frac{kQq_1}{\epsilon_r r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 1.0 \times 10^{-8}}{1 \times 0.1^2} \\ = 1.8 \times 10^{-2} (\text{牛顿})$$

$$F_2 = \frac{kQq_2}{\epsilon_r r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 2.0 \times 10^{-8}}{1 \times 0.1^2} \\ = 3.6 \times 10^{-2} (\text{牛顿})$$

可见放在同一A点上的检验电荷的电量增加时($q_2 = 2q_1$),所受电场力也增加($F_2 = 2F_1$),而

$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = 1.8 \times 10^6 (\text{牛顿/库仑}) = E$$

但是,若 $Q' = 2Q$ 时,A点的电场强度

$$E' = \frac{kQ'}{\epsilon_r r^2} = 3.6 \times 10^6 (\text{牛顿/库仑}) = 2E.$$

即A点的电场强度的大小和Q成正比。

5. 如果空间中同时存在几个电场,那末空间中某点的电场强度应是各个电场在该点场强的矢量和,即

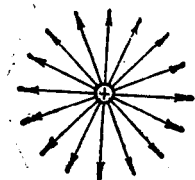
$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

6. 最常用的一种特殊电场——匀强电场的特点是电场中各点的电场强度的大小、方向处处相同。两块平行的、比较靠近的、带等量异号电荷的金属板之间的电场可以看作匀强电场。

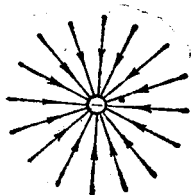
7. 可以用电力线来形象化地表示电场强度。电力线是一些假想的直线或曲线,通过某点的电力线的切线方向即为该点的电场强度方向。该点上的电力线密度*在数值上就是该

* 事实上,常可以取这一点附近微小区域垂直穿过单位面积的电力线条数作为该点的力线密度。

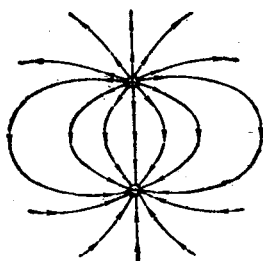
点的电场强度的大小。因此，匀强电场中的电力线应该是互相平行而且分布均匀的。图 9-3 所示是各种不同带电体周围的电场中电力线的分布情况。



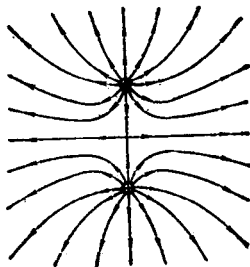
(a) 正点电荷的电力线



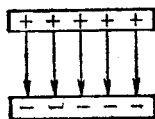
(b) 负点电荷的电力线



(c) 两个异种点电荷的电力线



(d) 两个同种点电荷的电力线



(e) 带等量异号电荷的两块平行金属板间的电力线

图 9-3

下面的几个例题将帮助我们进一步理解电场强度概念。

【例题 2】 真空中有相距 10 厘米的 A 、 B 两个点电荷，已知 A 带电 $Q_1 = 3 \times 10^{-8}$ 库仑， B 带电 $Q_2 = -3 \times 10^{-8}$ 库仑，

求距 A 、 B 都是 10 厘米处 C 点的电场强度。如果在 C 点上放一个 $q = -3 \times 10^{-8}$ 库仑的点电荷, 则 q 所受的电场力的大小和方向怎样?

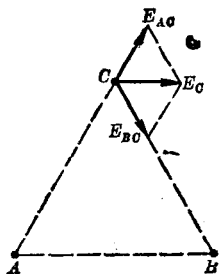


图 9-4

解: 从题意可知 $\triangle ABC$ 是正三角形, 点电荷 A 在 C 处的电场强度

$$E_{AC} = \frac{kQ_1}{r_{AC}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-8}}{0.1^2} = 2.7 \times 10^4 (\text{牛顿/库仑}),$$

方向沿 AC 向外。

同理可得

$$E_{BC} = \frac{kQ_2}{r_{BC}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (-3 \times 10^{-8})}{0.1^2} = -2.7 \times 10^4 (\text{牛顿/库仑}),$$

式中负号的意义是 E_{BC} 的方向是沿 CB 方向的。

E_{AC} 和 E_{BC} 大小相等, 组成夹角为 120° 的菱形, 所以合矢量 E_C 的大小和 E_{AC} 相等, 即

$$E_C = E_{AC} = 2.7 \times 10^4 (\text{牛顿/库仑}),$$

方向和 AB 连线平行, 如图 9-4 所示。

如果在 C 点放置一个 $q = -3 \times 10^{-8}$ 库仑的点电荷, 则 q 所受电场力

$F_C = E_C \cdot q = 2.7 \times 10^4 \times (-3 \times 10^{-8}) = -8.1 \times 10^{-4} (\text{牛顿})$, 式中负号的意义是 q 所受电场力的方向和 C 点电场强度的方向相反。

本例还可把 q 当作检验电荷求得它在 C 点所受的力, 用

$$E = \frac{F}{q}$$

求 C 点的电场强度, 这样, 对公式